مجلّه‌ی جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه‌ای، شماره‌ی سیزدهم، پاییز و زمستان ۱۳۸۸

بررسی وضعیت خشکسالی‌ها در استان خراسان رضوی

مریم عرفانیان (دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد، نویسنده مسؤول)
m_ erfanian82@yahoo. com
دکتر امین علیزاده (استاد آبیاری و زهکشی دانشگاه فردوسی مشهد)
alizadeh@gmail. com

چکیده

خشکسالی دارای سه مشخصه‌ی شدت، مدت و وسعت است و برای بررسی این پدیده‌ی طبیعی لازم است سه مشخصه‌ی مذکور مورد ارزشیابی قرار گیرد. بیشتر شاخص‌های معتبر جهانی مانند شاخص استاندارد بارندگی[1]، دهک‌ها[2] و پالمر[3] به منظور آشکارسازی شدت و مدت خشکسالی طرّاحی شده‌اند و برای تعیین وسعت خشکسالی‌ها، استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی[4] و پهنه‌بندی مناطق هم‌شدت، بسیار مفید و ضروری است. در این تحقیق، شاخص درصد از بارش میانگین، جهت پهنه‌بندی شدت و خطر خشکسالی استفاده شده است. هم‌چنین به منظور بررسی و محاسبه‌ی وضعیت و اثر خشکسالی بر منابع آب زیرزمینی، سری‌های زمانی طولانی مدت یک‌ساله (۱۳۸۵) و دو ساله (۸۵-۱۳۸٤) برای تعیین شاخص SPI مورد استفاده قرار گرفت. همچنین میزان بارندگی هر ایستگاه در دوره‌های برگشت خشکسالی مختلف، جهت بررسی اثر خشکسالی بر بیلان آب استان تعیین شد. به طور کلی، بر اساس نقشه‌های پهنه‌بندی مجموع درصد خشکسالی بر اساس شاخص درصد از نرمال، نتیجه گرفته شده است که بیش از نیمی از مساحت استان در ۳۲ تا ٤۰ درصد دوره‌ی آماری دچار خشکسالی بوده‌اند. همچنین، نقشه‌های پهنه‌بندی میانگین بارش سالانه در دوره‌های بازگشت مختلف نشان

1. Standard Precipitation Index (SPI)
2. Deciles
3. Palmer Drought Severity Index (PDSI)
4. Geographical Information System (GIS)

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۸/۳۰ تاریخ تصویب: ۱۳۸۸/۹/۸

می‌دهد که قسمت‌هایی از شهرستان‌های تربت‌حیدریه، گناباد، خـواف و کاشـمر بـدترین وضعیت را خواهند داشت. بر اساس مطالعـه‌ی سـری‌هـای زمـانی یـک سـاله و دو سـاله مشخص شده است که بارندگی‌های مناسب در شش ماهه‌ی پایـانی سـال ۱۳۸۵، نتوانسـته است تأثیر مهمی بر وضعیت آب در استان خراسان رضوی داشته باشد و خشکسـالی‌هـای آن‌را در دوره‌های طولانی‌تر از یک سال برطرف نماید. همچنین، اثرات وقـوع یـک دوره‌ی خشکسالی با بارندگی‌های بعدی جبران نشده و برای جبران خسارات، به مدیریت ویـژه‌ای نیاز است.

کلید واژه ها: شاخص‌های خشکسالی، سری زمانی، پهنه‌بندی، شدت خشکسالی

درآمد

خشکسالی پدیده‌ای اقلیمی است که اثرات آن‌را نه فقط می‌توان در مناطق خشـک و نیمـه-خشک، بلکه گاهی در مناطق مرطوب نیز مشاهده کرد (سـلطانی و مـدرس، ۱۳۸۵: ١٦). اگرچـه خشکی یک صفت اقلیمی است که ویژه مناطق خشک و نیمـه‌خشـک اسـت و نـوعی ویژگـی دائمی آب و هوای منطقه خشک محسوب می‌شود، اما خشکسالی عارضه‌ای است که از کاهش غیرمنتظره بارش در مدتی معیّن، در منطقه‌ای کـه لزومـاً خشـک نیسـت، سرچشـمه مـی‌گیـرد (کاویانی، ۱۳۸۰: ۷۸).

برای خشکسالی تعریف مشخصی ارائه نشده است، اما می‌توان گفـت کـه بیشـتر تعـاریف خشکسالی در این نکته مشترک اند که خشکسالی، گسترش یک دوره زمـانی اسـت کـه در آن آب قابل دسترس به طور قابل توجهی کمتر از اندازه طبیعی است (تامسـون[1]، ۱۹۹۹). هـم‌چنـین خشکسالی وابسته به شرایط زمانی بارندگی (مثلاً فصل وقوع، تاخیر در آغاز فصـل بـارانی، وقـوع باران در ارتباط با مراحل اصلی رشد محصولات) و اثرگذاری بـاران (مـثلاً شـدت بارنـدگی، تعـداد روزهای همراه با بارندگی) می‌باشد. سایر عوامل اقلیمی هم‌چون دمای بالا، باد شدید و رطوبـت

1. Thompson

نسبی پایین غالباً در بسیاری از مناطق دنیا این پدیده را همراهی می‌کنند و مـی تواننـد بـه‌طـور قابل ملاحظه‌ای آن‌را تشدید کنند (هاروود[1]، ۱۹۹۹).

یکی از اقدامات مهم و اساسی در مطالعات خشکسالی هر منطقه، تعیین شاخص‌هایی است که بتوان بر اسـاس آنهـا میـزان و شـدّت تـداوم خشکسـالی را در آن منطقـه ارزشـیابی کـرد. شاخص‌های متعددی بـر اسـاس روش تحلیـل داده‌هـای بارنـدگی وجـود دارد، کـه از جملـه مهمترین و کاربردی‌ترین آنها می‌توان به شـاخص دهـک‌هـا[2]، درصـد از میـانگین بارنـدگی[3] و شاخص استاندارد بارندگی، اشاره کرد. هنوز هیچ‌کدام از این شاخص‌هـا بـه صـورت ذاتـی در همه شرایط بر دیگر شاخص‌ها برتری ندارد (هیس[4]، ۱۹۹۹)، ولی برخی از آنها در شرایط معیّن و یا برای استفاده‌های مشخص مناسب‌تراند. به عنوان مثال، به منظور پهنه‌بندی خشکسالی‌هـای اقلیمی در لرستان شاخص‌های مختلفی مورد مقایسه قرار گرفته است و نتیجه شـده اسـت کـه شاخص توزیع استاندارد توصیف‌گر مناسب‌تری بدین منظور است (لشنی‌زنـد و خرمیـان، ۱۳۸۰: ۱۲۰). نتایج به دست آمده از چهار شاخص درصد از نرمال، انحراف از میانگین، کلاسـه بنـدی بارش و SPI مورد بررسی در زنجان، نتایج مشابهی را نشان داده اسـت (حسـنی‌هـا و صـالحی، ۱۳۷۹: ۲٦). اما در تحقیقی دیگر به دلیل مشاهده اختلاف بین شاخص‌هـای درصـد از نرمـال و توزیع استاندارد مورد مقایسه در خوزستان، پیشنهاد شده است که شاخص‌های خشکسالی باید برای هر منطقه واسنجی شوند (عباسی، ۱۳۸۰: ۱٦٦).

بوردی[5] و همکاران (۲۰۰۱) از شاخص SPI جهت رسم نقشه‌هـای پهنـه‌بنـدی خشکسـالی ماهانه در مقیاس‌های زمانی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت در ایتالیا استفاده کردند. برونینی[6] و همکاران (۲۰۰۱) نیز نشان دادند که شاخص SPI جهـت کمّـی کـردن و پـایش خشکسـالی می‌تواند بسیار مفید باشد. آن‌ها هم‌چنین نشان دادند که این شاخص و معـادلات تـوازن آب در

---

1. Harwood
2. Deciles
3. Percent of Normal (PN)
4. Hayes
5.Bordi
6. Bronini

مقیاس ماهانه، هم‌خوانی بسیار خوبی با یکدیگر داشته و می‌توان با توجه به ترکیب شاخص SPI و معادلات توازن آب، تاریخ کشت هر محصول را به گونه‌ای تغییر داد تا گیاهان از خشکسالی آسیب نبینند.

استان خراسان رضوی یکی از مناطق مستعد خشکسالی در کشور محسوب می‌شود که هر ساله خسارت‌های زیادی را در اثر بروز این پدیده متحمل می‌شود. لذا در این تحقیق برخی از مسائل خشکسالی در مقیاس منطقه‌ای در این استان بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

با توجه به کمبود آب و خشکسالی های اخیر در استان خراسان رضوی و هم چنین بحرانی بودن منابع آب، این استان به عنوان منطقه‌ی مورد مطالعه انتخاب شد. استان خراسان رضوی در محدوده‌ی جغرافیایی ۵٦°۱۲َ تا ٦۱°۳۰َ طول شرقی و ۳۳°۲۷َ تا ۳۷°٤۱َ عرض شمالی واقع شده است.

از میان ایستگاه‌های هواشناسی و سینوپتیک داخل استان، بیست ایستگاه که دارای سابقه‌ی آماری کافی بوده و جهت مطالعه مناسب تشخیص داده شدند، انتخاب گردیده و داده‌های آن‌ها تا پایان سال ۱۳۸۵ جهت بررسی و مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. پس از اصلاح، بازسازی و کنترل آمار بالا، متوسط بارندگی طولانی مدت سالانه کلیه‌ی ایستگاه‌ها توسط نرم افزار اکسل[۱] تعیین شده و با استفاده از نرم‌افزار ArcView پهنه‌بندی شد (شکل ۱). با استفاده از شکل ۱، مقدار متوسط وزنی بارندگی با توجه به فرمول زیر در کل استان، ۲۰۲/۵ میلی‌متر به دست آمده است.

$$\overline{P} = \frac{\sum (a \times P)}{A} \qquad (1)$$

---

1. Excel 2007

که در فرمول بالا $\overline{P}$ = متوسط وزنی بارندگی (میلی متر)؛ a = مساحت جزئی بین دو خط تراز بارندگی (کیلومتر مربع)؛ P = متوسط بارش در جزء a از مساحت (میلی متر، که از جمع کردن خط تراز بالا و پایین و تقسیم آن بر دو به دست می آید.)؛ و A = مساحت کل (کیلومتر مربع).

$\overline{P}$ = متوسط وزنی بارندگی (میلی متر)؛

a = مساحت جزئی بین دو خط تراز بارندگی (کیلومتر مربع)؛

P = متوسط بارش در جزء a از مساحت (میلی متر، که از جمع کردن خط تراز بالا و پایین و تقسیم آن بر دو به دست می آید.)؛

و A = مساحت کل (کیلومتر مربع).

علاوه بر آن برای مطالعه‌ی تطبیقی اقلیمی استان خراسان با بارندگی و خشکسالی، پهنه‌بندی اقلیمی به روش دومارتن[1]، که از رابطه ۲ قابل محاسبه است، انجام گرفته است (شکل ۲).

$$I = \frac{P}{T+10} \qquad (2)$$

که در آن:

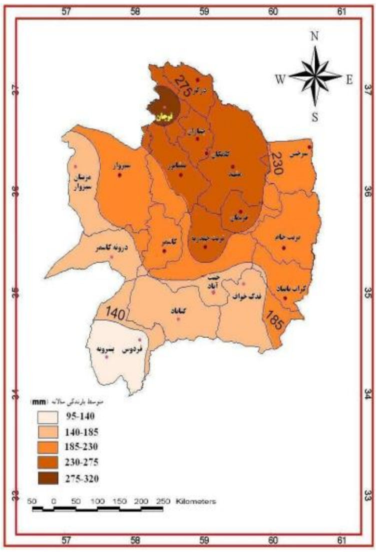
I= ضریب خشکی دومارتن؛

P= متوسط بارندگی سالانه y(mm)

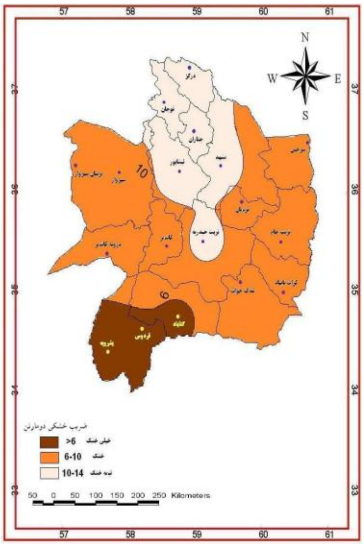
T= متوسط دمای سالانه (^{o}C).

1. De Martonne

شکل ۱. پهنه‌بندی متوسط بارندگی سالانه در دوره آماری



شکل ۲. پهنه‌بندی اقلیمی استان خراسان رضوی به روش دومارتن



لازم به ذکر است که به منظور تعیین دقیق تر شدت خشکی، محدوده های اقلیمی دومارتن به سه زیر ناحیه تقسیم شد که در شکل شماره ۲ قابل مشاهده است. در حقیقت نواحی اقلیمی با ضریب خشکی I<6 و 6<I<10 در یک طبقه‌ی اقلیمی خشک قرار می‌گیرند. به طور کلی با استفاده از این شکل، حدود ٢٦ درصد از مساحت استان نیمه خشک و ٧٤ درصد خشک و بسیار خشک هستند.

با مقایسه‌ی دو شکل پهنه بندی اقلیمی و متوسط بارندگی سالانه‌ی استان مشخص می شود که هر چه به سمت جنوب استان پیش رویم، از میزان بارندگی کاسته شده و بر شدت خشکی منطقه افزوده می‌شود. به گونه‌ای که بدترین شرایط در شهرهای گناباد، فردوس و بشرویه رخ داده است.

جهت بررسی و پهنه‌بندی خشکسالی، از شاخص درصد از نرمال (PN) برای تبدیل داده-های بارندگی به یک شاخص خشکسالی با توجه به کاربرد ساده و مقبولیت عمومی و گسترده آن استفاده گردید. این شاخص از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$PN = \frac{P_i}{\overline{P}} \times 100 \qquad (3)$$

که در آن:

P_i = میزان بارندگی در سال مورد نظر؛

$\overline{P}$ = میانگین بارش سالانه دوره آماری.

با استفاده از رابطه ۲، مقدار شاخص PN برای کلیه‌ی ایستگاه‌ها در هر سال توسط نرم‌افزار اکسل محاسبه و وضعیت کیفی خشکسالی هر سال با توجه به طبقه‌بندی شاخص PN که در جدول شماره ۱ آورده شده است، مشخص گردید. سپس نقشه‌های پهنه‌بندی شدت و گسترش خشکسالی استان با شاخص PN در هر سال تهیه شده است. نمونه‌ای از این نقشه‌ها، مربوط به سال ۱۳۸٤ در شکل شماره ۳ آورده شده است.

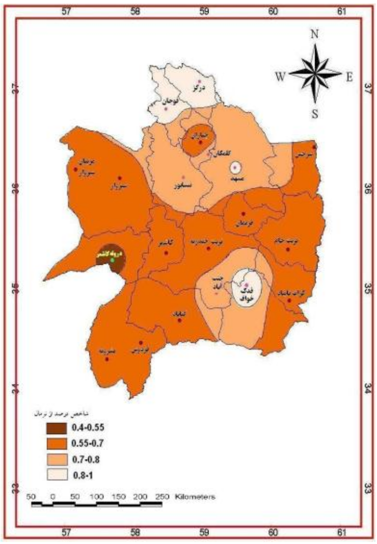
جدول ۱. شاخص *PN* برای پایش خشکسالی (فرج زاده اصل، ۱۳۷٤)

وضعیت آب و هوایی	شاخص درصد از نرمال (PN)
خشکسالی ضعیف	٪ (۷۰–۸۰)
خشکسالی متوسط	٪ (۵۵–۷۰)
خشکسالی شدید	٪ (٤۰–۵۵)
خشکسالی بسیار شدید	کمتر از ٤۰٪

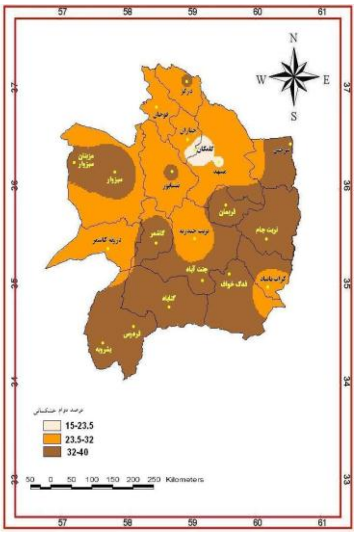
بر اساس طبقه‌بندی بالا، درصد فراوانی خشکسالی‌های هر ایستگاه محاسبه شده و نتایج در جدول ۲ ارائه شده است. همچنین، نقشه‌ی پهنه‌بندی مجموع درصد خشکسالی‌های هر ایستگاه در شکل ٤ آورده شده است.

همان گونه که در این شکل مشخص است با پیشروی به سمت جنوب و غـرب اسـتان بـر درصد خشکسالی‌های به دست آمده با شاخص درصد از نرمال افزوده می‌شود. به عبارت دیگر در این مناطق در دوره‌ی بیشتری، خشکسالی رخ داده است.

شکل ۳. پهنه‌بندی شاخص *PN* سال ۱۳۸۴



شکل ۴. مجموع درصد خشکسالی بر اساس شاخص *PN*



در ادامه جهت محاسبه دوره بازگشت خشکسالی‌ها با استفاده از نـرم‌افـزار آنـالیز فرکانسـی پدیده‌های هیدرولوژیکی[۱] با توجه به پارامترهای میانگین انحراف نسبی[۲] و آزمون کای اسکوئر، بهترین توزیع آماری (گامبل *III*) و بهترین روش بـرآورد پارامترهـا (عموماً روش momentum) معرفی و بر این اساس دوره بازگشـت خشکسـالی‌هـا محاسـبه شـد. نتـایج محاسـبات میـزان بارندگی ایستگاه‌های مورد مطالعه در دوره بازگشت‌هـای مختلـف در جـدول (۳) آورده شـده است.

۱. HYFA
۲. Mean Relative Deviation

جدول ۲. درصد خشکسالی‌های هر ایستگاه بر اساس شاخص PN در طول دوره‌ی آماری

ایستگاه	خشکسالی ضعیف (٪)	خشکسالی متوسط (٪)	خشکسالی شدید (٪)	خشکسالی بسیار شدید (٪)	مجموع خشکسالی (٪)
بشرویه	۱۱	۲۲	۵/۵	–	۳۸/۵
چناران	٤	۲٤	–	–	۲۸
درگز	۲۰	۱۲	–	–	۳۲
درونه کاشمر	۸	–	۸	۸	۲٤
فدک خواف	۲۰	۱۲	۸	–	٤۰
فریمان	۱۹	۱۱/۵	۳/۸	۳/۸	۳۸/۱
فردوس	۵	۱٤	۱٤	–	۳۳
قوچان	۱۸	۹	–	–	۲۷
گلمکان	۵	۱۰	–	–	۱۵
گناباد	–	۲۱	۱٦	–	۳۷
جنت‌آباد	٤	۱۲	۱٦	–	۳۲
کرات تایباد	٤	۱٦	۸	–	۲۸
کاشمر	۵	۲۵	۵	–	۳۵
مشهد	۵	۱٤	۱/۸	۱/۸	۲۲/٦
مزینان	–	۲۸	٤	–	۳۲
نیشابور	۲۰	–	۱۳	–	۳۳
سرخس	۱۸	۱۸	–	–	۳٦
سبزوار	۱۰	۱۷	٦	۲	۳۵
تربت‌حیدریه	۱٤/۸	٦	٤	۲	۲٦/۸
تربت‌جام	۱۵	۲۳	–	–	۳۸

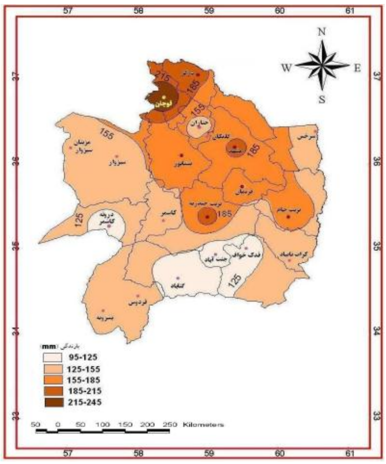
جهت بررسی اثرات خشکسالی بر بیلان آب در مقیاس استانی با توجه به میزان بارندگی در دوره‌های برگشت مختلف، نقشه‌های هم باران استان خراسان رضوی با دوره برگشت‌های دو تا هزار ساله تهیه شده است. شکل‌های ۵ و ٦ (به ترتیب برای دوره بازگشت‌های پنج و بیست ساله) نمونه‌ای از این اشکال اند.

جدول ۳. میزان بارندگی ایستگاه‌ها در دوره‌های بازگشت مختلف (میلی متر)

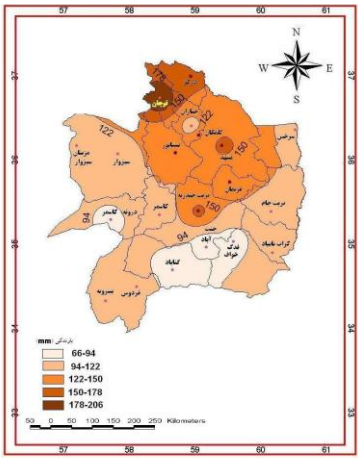
	دوره بازگشت (سال)								
ایستگاه	**2**	**5**	**10**	**20**	**50**	**100**	**200**	**500**	**1000**
بشرویه	181	144	128	116	104	97/3	91/1	84/1	79/4
چناران	182	141	124	112	98/9	91	84/3	76/7	71/6
درگز	226	186	169	156	144	136	129	122	117
درونه کاشمر	158	117	99/9	87/1	74/1	66/1	59/3	51/5	46/4
فدک خواف	144	106	90/6	78/9	67/1	59/9	53/7	46/7	42
فریمان	190	155	140	130	119	112	106	99/5	95/1
جنت آباد	139	101	84/3	72/3	60/2	52/8	46/5	39/2	34/4
کرات تایباد	190	146	127	113	99	90/4	83	74/6	69/1
مزینان	142	107	91/8	80/7	69/5	62/6	56/7	50	45/6
نیشابور	218	164	141	124	106	95/4	86/6	76/3	69/4
تربت جام	220	162	138	120	101	90	80/4	69/4	62/1
سرخس	181	141	125	112	100	92/3	85/8	78/3	73/4
کاشمر	184	144	126	114	101	93/3	86/6	78/9	73/9
فردوس	136	99/6	84	72/5	60/8	53/7	47/6	40/6	36
قوچان	296	244	222	206	189	179	171	161	154
گلمکان	194	157	141	129	117	110	103	96/3	91/6
گناباد	136	95/9	78/8	66/3	53/6	45/9	39/2	31/6	26/6
مشهد	243	194	173	157	142	132	124	114	108
سبزوار	179	136	118	105	91/2	83	75/9	67/8	62/4
تربت حیدریه	257	199	174	156	138	127	117	106	98/6

با توجه به رابطه‌ی تعیین مقدار وزنی بارندگی (رابطه ۱)، مقدار متوسط وزنی بارش استان در خشکسالی‌های دو تا هزار ساله تعیین شد که نتیجه‌ی این محاسبات برای دوره‌های بازگشت پنج و بیست ساله (شکل‌های ۵ و ٦) به ترتیب ۱۵۰/۳ و ۱۱۷ میلی‌متر است.

شکل ۵. میانگین بارش سالانه در خشکسالی با دوره بازگشت پنج ساله



شکل ۶. میانگین بارش سالانه در خشکسالی با دوره بازگشت بیست ساله



به منظور بررسی تأثیر بارش‌ها بر منابع آب زیرزمینی، کـه تقریبـاً تنهـا منبـع تـأمین آب در استان خراسان رضوی به شمار می‌روند، بررسی سری‌های زمانی طولانی‌تـر از یـک‌سـال بـرای بررسی تأثیر خشکسالی بر منابع آب توصیه می‌شود. جهـت بررسـی وضـعیت خشکسـالی در سری‌های زمانی مختلف از شاخص SPI استفاده شده است. این شاخص که توسط مک‌کـی[1] و همکارانش (۱۹۹۳) با توجه به بررسی تأثیرات متفاوت کمبـود بـارش بـر آب‌هـای زیرزمینـی، ذخایر و منابع آب سطحی، رطوبت خاک و جریان آبراهه ارائه شـده اسـت، در هـر منطقـه بـر اساس بارندگی‌های طولانی‌مدت از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$Z = \frac{X_i - \overline{X}}{S} \tag{4}$$

که در آن:

Z: شاخص استاندارد بارش؛

1. McKee

X_i: مقدار بارندگی در سال مورد نظر؛

$\overline{X}$: میانگین طولانی مدت بارندگی سالانه؛

S: انحراف از معیار.

در جدول ٤ مقیاس عددی شاخص SPI آورده شده است.

جدول ۴ . شاخص *SPI* برای پایش خشکسالی (علیزاده، ۱۳۸۵: ۲۸۷)

وضعیت آب و هوایی	شاخص SPI
شدیداً مرطوب	۲ ≤ SPI
بسیار مرطوب	۱/۵≤ SPI ≤۱/۹۹
مرطوب متوسط	۱ ≤ SPI ≤۱/٤۹
نزدیک نرمال	-۰/۹۹ ≤ SPI ≤+۰/۹۹
خشک متوسط	-۱/٤۹ ≤ SPI ≤-۱
بسیار خشک	-۱/۹۹≤ SPI ≤-۱/۵
شدیداً خشک	SPI ≤-۲

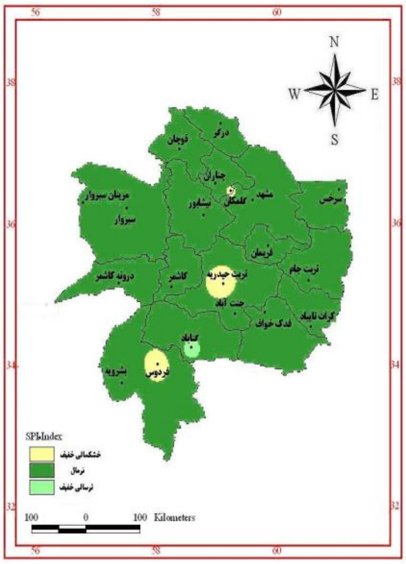
سری‌های زمانی یک‌ساله (سال ۱۳۸۵) و دوساله (سال‌های ۱۳۸٤ و ۱۳۸۵) خشکسالی‌های استان خراسان رضوی با استفاده از نرم‌افزار SPI_SL_6 محاسبه شده و نتایج آن در جدول شماره۵ آمده است. این نرم‌افزار پس از برازش داده‌های بارندگی بر یک توزیع احتمالاتی مناسب (گاما) و سپس تبدیل به توزیع نرمال، مقدار شاخص SPI را برای سری زمانی خواسته شده محاسبه می‌کند، به گونه‌ای که میانگین SPI برای دوره و منطقه‌ی مورد نظر صفر شود. این موضوع یکی از مهمترین امتیازات این شاخص به شمار می‌رود، زیرا SPI نرمال شده است (علیزاده، ۱۳۸۵: ۲۸۷). از دیگر امتیازات این شاخص می‌توان به حساسیّت بیشتر آن نسبت به نوسانات بارش، امکان مراقبت و پایش خشکسالی، مقیاس طبقه‌بندی دقیق‌تر، قابلیت محاسباتی در مقاطع زمانی مختلف اشاره کرد (قویدل رحیمی، ۱۳۸٤: ۵۲۷).

در این تحقیق به دلیل پرهیز از طولانی شدن مطلب، از ذکر جزئیات محاسبات چشم‌پوشی می‌شود. هم‌چنین نقشه‌های پهنه‌بندی مربوط در شکل‌های ۷ و ۸ به ترتیب برای سری‌های زمانی یک‌ساله و دوساله تهیه شده است.

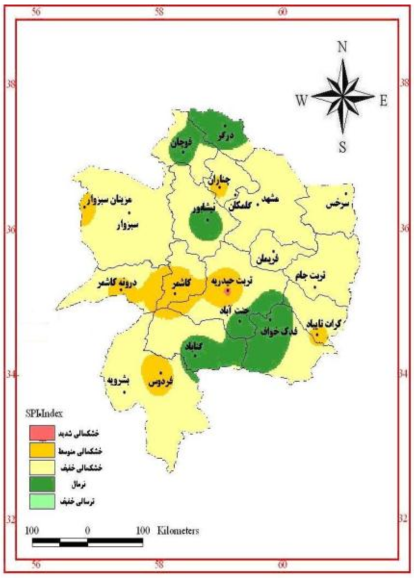
جدول ۵. مقادیر شاخص *SPI* با سری‌های زمانی یک ساله و دو ساله در استان خراسان رضوی

ایستگاه	سری زمانی یک‌ساله (سال ۱۳۸۵)	سری زمانی ۲۴ ماهه (سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵)
بشرویه	-۰/۰۵	-۰/۸۸
چناران	-۰/۴۵	-۱/۱۹
درگز	-۰/۰۵	-۰/۱۳
درونه کاشمر	-۰/۰۶	-۱/۰۲
فدک خواف	۰/۴۸	۰/۲۵
فریمان	۰/۱۱	-۰/۶۳
فردوس	-۰/۷۵	-۱/۲۲
قوچان	۰/۰۱	-۰/۴۳
گلمکان	-۰/۵۳	-۰/۸
گناباد	۰/۶۴	-۰/۰۸
جنت‌آباد	۰/۲۴	-۰/۲۹
کرات تایباد	-۰/۰۹	-۱/۰۶
کاشمر	-۰/۴۸	-۱/۳۴
مشهد	-۰/۳۳	-۰/۷
مزینان	-۰/۰۹	-۱/۰۶
نیشابور	۰/۲۷	-۰/۱۴
سرخس	۰/۰۲	-۰/۶۹
سبزوار	۰/۲	-۰/۵۴
تربت‌حیدریه	-۰/۹۴	-۱/۵۳
تربت‌جام	۰/۲۹	-۰/۹۵

شکل ۷. پهنه بندی شاخص SPI در سال ۱۳۸۵



شکل ۸. پهنه بندی شاخص SPI با سری زمانی دو ساله(۸۵-۱۳۸۴)



بحث و نتیجه‌گیری

میانگین بارندگی استان معادل ٢٠٢/٤ میلی‌متر است که از میانگین بارندگی کل کشور کمتر است. این مقدار در سال ۱۳۸۵ به میزان ۱۸۹/۸ میلی‌متر بوده است که با بررسی آمار بارندگی ایستگاه‌ها در این سال، مشخص می‌شود در بیشتر مناطق استان خراسان رضوی، بارندگی کاهش داشته است. بیشترین کاهش در فردوس (٢٩٪) و تربت‌حیدریه (٢٨٪) و بیشترین افزایش در گناباد (٢٤٪) اتفاق افتاده است.

پهنه‌بندی شاخص PN برای سال ١٣٨٤، نشان می‌دهد که بخش وسیعی از استان (٦٤٪) در وضعیت خشکسالی متوسط و شدید قرار دارند. ٢٨٪ در خشکسالی ضعیف و تنها ٨٪ در وضعیت نزدیک نرمال به سر می‌برند. همچنین نقشه‌ی پهنه‌بندی مجموع درصد خشکسالی بر اساس شاخص PN نشان می‌دهد که به طور کلی، ٥٤/٥٪ از سطح استان در ٣٢ تا ٤٠٪ دوره آماری دارای خشکسالی بوده‌اند. از جمله‌ی این مناطق می‌توان به شهرستان‌های سبزوار، تربت‌جام، گناباد، فردوس، بشرویه، فریمان و قسمت‌هایی از شهرستان‌های تربت‌حیدریه، خواف، تایباد، سرخس و کاشمر اشاره کرد.

نقشه‌های پهنه‌بندی میانگین بارش سالانه در دوره‌های بازگشت پنج و بیست ساله نشان می‌دهد که بخش‌های جنوبی تربت‌حیدریه، قسمت‌هایی از گناباد، خواف و کاشمر، کمترین میزان بارندگی را در استان تجربه می‌کنند. بیشترین بارش‌ها در قسمت‌های شمالی استان، در شهرهای قوچان، چناران و درگز قابل مشاهده است. البته این موضوع در نقشه‌های پهنه‌بندی برای دوره‌های بازگشت دیگر مطالعه شده نیز مشهود است که در این تحقیق به دلیل پرهیز از طولانی شدن مطلب، از ذکر جزئیات آن‌ها خودداری می‌شود.

شکل شماره ۷ که با استفاده از سری زمانی دوازده ماهه برای سال ۱۳۸۵ تهیه شده است، نشان می‌دهد که شهرستان‌های فردوس، تربت‌حیدریه و چناران، در مجموع سالی همراه با خشکسالی خفیف را سپری نموده‌اند. در سایر مناطق استان، شرایط طبیعی بوده و شهرستان گناباد دارای ترسالی خفیف بوده است. از آن‌جا که تأثیر بارش‌ها بر منابع آب‌های زیرزمینی طولانی‌مدت است و به منظور تأکید این مطلب، که با مشاهده بارندگی‌های مناسب چند ماه اخیر سال ۱۳۸۵، مسأله‌ی تأمین آب استان و وقوع خشکسالی‌ها فراموش نشود، شکل ۸ با استفاده از سری زمانی ۲۴ ماهه (از ابتدای سال ۱۳۸٤ تا اسفند ماه ۱۳۸۵) تهیه شده است. طی این مدت، تنها در قسمت‌هایی از شهرستان‌های قوچان، درگز، نیشابور، خواف و گناباد شرایط طبیعی حاکم بوده و مشابه با نتایج حاصل از شاخص درصد از نرمال، سایر نقاط استان دچار خشکسالی بوده‌اند. شهرستان‌های مشهد، چناران، سرخس، فریمان، بشرویه و قسمت‌هایی از شهرستان‌های سبزوار، نیشابور، تایباد و فردوس با خشکسالی خفیف روبرو بوده‌اند. در نواحی وسیعی از شهرستان‌های تربت حیدریه، کاشمر، درونه، تایباد، سبزوار، چناران و فردوس خشکسالی متوسط وجود داشته و در قسمت‌هایی از شهرستان تربت‌حیدریه خشکسالی شدید رخ داده است. به طور کلی می‌توان گفت که بارندگی‌های مناسب شش ماهه‌ی دوم سال ۱۳۸۵ اثرات مفیدی بر کشاورزی منطقه داشته است، اما نتوانسته تأثیر مهمی بر منابع آب‌های زیرزمینی بگذارد و خشکسالی منطقه را در دوره‌های طولانی‌تر بیش از یک سال بر طرف نماید. علاوه بر این، با بررسی سایر سری‌های زمانی یک ماهه و شش ماهه به منظور بررسی اثرات خشکسالی بر غلات و محصولات زراعی، مشخص شد که در بسیاری از موارد اثرات وقوع یک دوره‌ی خشکسالی با بارندگی‌های بعدی جبران نشده و برای ترمیم خسارات به مدیریت ویژه‌ای نیاز است.

منابع و مآخذ

۱. حسنی‌ها، حسینعلی و زهرا صالحی، (۱۳۷۹)، *بررسی وضعیت خشکسالی (Drought) بر اساس تعدادی از شاخص‌های آماری در استان زنجان*. اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم‌آبی و خشکسالی، کرمان. جلد ۱: ۲۷-.۱۷

۲. سلطانی، سعید و رضا مدرس، (۱۳۸۵)،"*تحلیل فراوانی و شدت خشکسالی هواشناسی استان اصفهان*"، مجله‌ی منابع طبیعی ایران، ۵۹ (۱): ٢٦-١٥.

۳. عباسی، لادن، (۱۳۸۰)، "*بررسی و ارزیابی شاخص‌های شدت خشکسالی استان خوزستان در سال آبی ۸۰-۱۳۷۹*". اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب. دانشگاه زابل: ١٦٨-.١٥٥

٤. علیزاده، امین، (۱۳۸۵)، *اصول هیدرولوژی کاربردی*. دانشگاه امام رضا (ع)، مشهد.

۵. فرج زاده اصل، منوچهر، (١٣٧٤)، *تحلیل و پیش‌بینی خشکسالی در ایران*، پایان نامه‌ی دکترا، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

٦. قویدل رحیمی، یوسف، (١٣٨٤)،"*آزمون مدل‌های ارزیابی خشکسالی و ترسالی برای ایستگاه-های استان آذربایجان شرقی*"، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۸ (۳): ۵۳۰-.۵۱۷

۷. کاویانی، محمد رضا، (۱۳۸۰)، "*بررسی اقلیمی شاخص‌های خشکی و خشکسالی*"، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، جلد ٦٠: ۸۹-.۷۱

۸. لشتی‌زند، مهران و ناصر خرمیان، (۱۳۸۰)، "*پهنه‌بندی خشکسالی‌های اقلیمی در استان لرستان با به‌کارگیری شاخص‌های آماری*"، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، دانشگاه زابل:۱۲۱-۱۰۹.

9. Bordi, I., S. Frigio and S. Alfonso, (2001), *The Analysis of the Standardized Precipitation Index in the Mediterranean Area*, Drought Network News, 12(3): 13-18.

10. Bronini, O., H.S. Pinto, J. Zullo, M.T. Barbano, M.B.P. Camargo, R.R. Alfonsi, G.C. Blain, m.J. Pedro and G.Q. Pellegrino, (2001), *Drought Quantification and Preparedness in Brazil*. The example of Sao Paulo State.

11. Harwood, J., (1999), *Local Government*, *Community and business*, Working Group Draft Report, June 15.

12. Hayes, M.Y., (1999a), *Drought indices*. Climate impacts specialist, National Drought Mitigation Center, U.S.A.

13. Hayes, M.Y. (2001), *Drought indices*. National Drought Mitigation Center, Noaa.

14. McKee, T.B., N.J. Doesken and J. Kleist, (1993), *The relationship of drought frequency and duration to time scales*. Preprints, 8th conference on applied climatology, 17-22 January, Anaheim. CA, PP. 179-184.

15. Thompson, S.A., (1999), *Hydrology for water management*, A- BAlkema, Rotterdam.